PROYECTO MINA DE COBRE PANAMA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA) CATEGORIA III

Informe Semestral de Restauración Ecológica

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13230 13234 13237	Febrero a septiembre 2020	MINERA PANAMA S.A.	16/10/2020

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN……1
2. OBJETIVOS……2
3. MATERIALES Y MÉTODO……2
4. RESULTADOS……6
5. CONCLUSIONES……11
6. BIBLIOGRAFÍA……12
7. ANEXOS……14

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO 1. Evaluación anual de especies nativas resembradas en el 2019 en la parcela de restauración 2.5……10

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Modelo de una parcela de una hectárea 2.5 demarcada con cuadrantes de 20x20 m y sub-cuadrantes de 5x5 m……3

FIGURA 2. Diagrama de disposición de plántulas sembradas en un cuadrante 20x20 metros en la parcela de restauración 2.5. ……4

FIGURA 3. Rotulación de plantones utilizando placas de alumino ……5

FIGURA 4. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante el periodo de monitoreo (febrero-septiembre 2020)……8

FIGURA 5. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2019……9

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 7.1 Vivero de plantas nativas……..…… ……..……14

ANEXO 7.2 Monitoreo de Especies de Interés (EdI) reintroducidas en la parcela Km 18, Camino hacia la Costa ……..…….....…18

ANEXO 7.3 Registro Fotográfico……..……23

ANEXO 7.4 Mapas…….……..27

1. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. La meta final del proceso no es recuperar integralmente el estado anterior al disturbio, pero si garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo (SERI 2004).

El éxito de la restauración de un bosque tropical se mide en la recuperación de la biodiversidad, la biomasa y la productividad primaria, la materia orgánica del suelo, la capacidad de almacenamiento del agua y el regreso de las especies raras que son claves para reestablecer la estructura y las funciones del ecosistema (Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013).

El proceso de restauración ecológica suele ser muy dinámico e involucra adquirir información necesaria para la toma de decisión y el mejoramiento de metodologías aplicadas. Por tal razón, es importante el establecimiento de parcelas experimentales para desarrollar modelos de restauración que nos permitan garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo; y de gran interés resulta dar seguimiento a los monitoreos de las especies plantadas en el sitio, que permitan evaluar su desarrollo y evolución en respuesta de las condiciones climáticas y la composición del suelo que se presentan en el lugar.

Minera Panamá S.A. tiene como parte de sus compromisos ambientales la restauración de áreas dentro de la huella del Proyecto, la cual será ejecutada gradualmente durante el período de vida activa de la mina (aprox. 30 años), a medida que se culmine el trabajo del proyecto en áreas específicas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, que aseguren el éxito de la restauración del Proyecto Mina de Cobre Panamá.

2.2. Objetivos Específicos

- Implementar el monitoreo (mortalidad, crecimiento y otros indicadores de las especies) de las parcelas establecidas.
- Realizar el mapeo de las especies dentro de las parcelas establecidas para su fácil ubicación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Cabe señalar que para este periodo (febrero-septiembre), específicamente entre mediados de abril hasta mediados de julio no se realizaron actividades de restauración, ya que por motivo de la pandemia del Covid-19, El Ministerio de Salud (MINSA) estableció un cerco sanitario desde el 20 de marzo, para limitar el acceso a la Mina, y mediante la Resolución No. 1394-A del 25 de mayo de 2020, ordenó la suspensión temporal de las operaciones de Minera Panamá S.A, lo cual redujo en gran medida los trabajos durante este semestre a labores esenciales solamente.

3.1 Establecimiento de la parcela de restauración 2.5

A principios del año 2015 se realizó el establecimiento de la parcela de restauración 2.5 que se encuentra ubicada dentro de la huella de la Mina Cobre Panamá (se nombró así, ya que se encuentra ubicada en lo que se llamaba botadero del Km 2.5). Esta parcela estaubicada a unos cuantos metros de la garita de entrada (Sierra 1) hacia el área del Campamento Dorado, entre 80° 48'58.9" Norte y 80° 39'11.2" Oeste. La parcela mide una hectárea (100 x 100 metros) y fue demarcada con ayuda de una brújula, estacones y cinta métrica para formar cada una de las subparcelas, delimitadas por tubos de PVC blanco en los vértices. La parcela se encuentra orientada hacia el Oeste, según el sistema de coordenadas geográficas, y está conformada por cinco fajas de 20 x 100 metros, cada una de las cuales contiene cinco cuadrantes de 20 x 20

metros, los cuales fueron numerados de acuerdo con la coordenada del vértice inferior izquierdo. En cada uno de estos cuadrantes se hicieron 16 subcuadrantes de 5 x 5 metros (Figura 1).

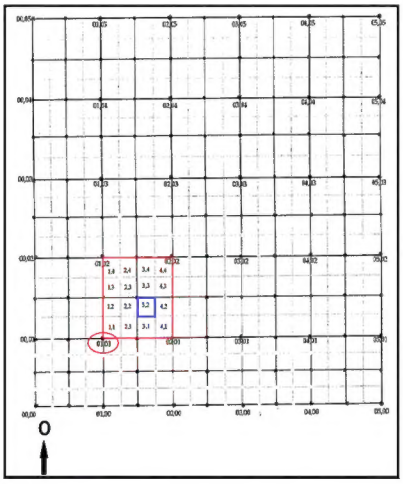


Figura 1. Modelo de la parcela 2.5 demarcada en cuadrantes 20 x 20 m (recuadro rojo) y 16 sub-cuadrantes de 5 x 5 m (recuadro azul), codificados con sus respectivos números. Nótese la numeración del cuadrante 20 x 20 m (círculo rojo), ubicada en el vértice inferior izquierdo.

3.2 Descripción

El suelo, de esta parcela, está compuesto de material de arcilla roja (saprolita) y rocas, con una pendiente de aproximadamente 45 grados (fue un depósito de material sobrante de la construcción del camino hacia el Dorado). El sitio cuenta con barreras de contención y canales de desague para evitar la erosión del suelo, de igual manera fue hidrosembrada con *Brachiaria decumbens* con el mismo propósito, inmediatamente el botadero fue terminado. En el año 2014 se inició la restauración de este botadero realizando una primera plantación con especies nativas de *Inga* sp., *Erythrina* sp., *Ficus* sp., *Clusia* sp., y otras especies de las familas Lauraceae y Melastomataceae.

La vegetación que rodea a la parcela comprende mayormente especies heliófitas poco duraderas como *Croton billbergianus*, *Trema michranta, Ochroma pyramidale*, *Cecropia* sp., *Isertia haeckeana* e *Isertia laevi*; además de otras especies arbustivas de menor tamaño como *Piper aduncum* y *Piper auritum*. Otras heliófitas de mayor tamaño y más duraderas son *Trichospermum galeottii*, *Vismia macrocarpa* y *Vochisia ferruginea*. Todas estas vegetaciones que rodea la parcela ha sido responsables de la regeneración natural registrada en los monitoreos anuales.

Para la siembra se utilizó un distanciamiento específico de dos metros, esto, para dejar espacio para especies de crecimiento lento y de sotobosque que serán sembradas una vez las especies de crecimiento rápido estén establecidas.

Los individuos de diferentes especies fueron sembrados en línea perpendicular a la parcela, a una distancia de dos metros entre cada individuo. Cada línea de siembra tiene una distancia de dos metros de separación entre ellas (Figura 2). En cada línea, se encuentran sembrados plántulas de árboles y arbustos de forma homogénea.

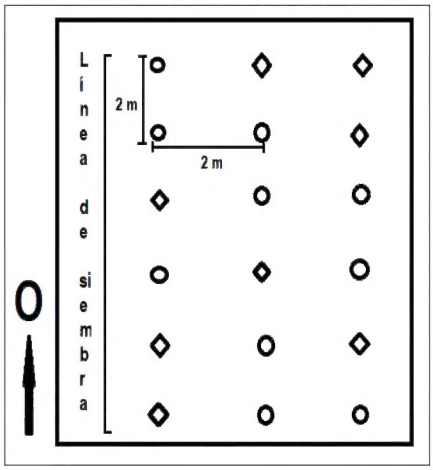


Figura 2. Diagrama de disposición de plántulas sembradas en un cuadrante 20 x 20 metros en la parcela de restauración 2.5. Nótese de la línea de siembra en forma vertical hacia el Oeste, según la disposición de la parcela. Los círculos representan las plántulas de árboles y los cuadros representan los arbustos, dispuestos en cada línea de siembra a dos metros de distancia.

3.3 Monitoreo

En este periodo se realizó el quinto monitoreo en la parcela de restauración 2.5 (después de ser demarcada en cuadrantes), para determinar variables como la sobrervivencia, salud, altura, diámetro del cuello de raíz y ancho de copa, de aquellas plantas que fueron sembradas desde el año 2015 y aquellas resembradas en 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 que reemplazaron a aquellas plantas que murieron después de ser sembradas en 2015. También se registraron las plantas de regeneración natural. El monitoreo de esta parcela se realiza anualmente (Anexo 7.3).

Las especies que resultaron muertas al momento de realizar el monitoreo de este año, fueron reemplazadas por plántulas de la misma especie, siempre que fue posible, provenientes del

vivero. Las plantas muertas fueron contabilizadas y registrada en la base de datos para el posterior cálculo de sobrevivencia.

Las plantas fueron rotuladas utilizando placas de aluminio; marcando un código de seis letras en mayúsculas que comprende las tres primeras letras del género y las tres primeras letras de la especie. Además, se registró un código que comprende el número de la planta, el número del cuadrante 20 x 20 metros y el número del subcuadrante 5 x 5 metros donde está ubicada dicha planta (Figura 3).

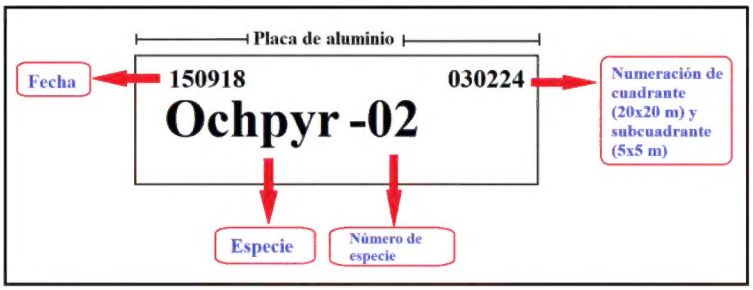


Figura 3. Rotulación de plantones utilizando placas de alumino. Se muestra un ejemplo de la especie *Ochroma pyramidale* (Ochpyr) sembrada y mapeada en la parcela de restauración 2.5 en el año 2015. El código a la derecha indica la ubicación de esta planta en la parcela: cuadrante 0302, en el subcuadrante 2,4.

3.4 Mantenimiento

Tanto a la parcela de restauración 2.5 como en las demás parcelas (parcela del km 19+700 (Pipeline), parcela del Km 18+500 (Carretera a la Costa), parcela en el área de MSA, parcela en la antigua Poza 4 y 5, en Puerto), se les dio mantenimiento durante este periodo. El mantenimiento consistió en limpiar el remanente de hierba de la hidrosiembra, alrededor de los plantones (para evitar que la hierba no los "ahogue"), y posteriormente se realizó la aplicación de fertilizante químico (12-24-12) y abono foliar. También fueron fumigadas contra los patógenos cada 15 días con fungicida e insecticida por un periodo de tres meses.

3.5 Registro de la Información y Análisis

La información registrada de crecimiento, mortalidad y regeneración natural en la parcela de restauración 2.5 se ingresó en la base de datos (Access Microsoft) para su posterior análisis.

El análisis de la sobrevivencia y mortalidad de cada especie nos permite identificar especies que pueden ser mas aptas para ser utilizadas en las etapas tempras de la restauración, y si es necesario, aplicar técnicas adicionales para mejorar su desarrollo desde la etapa de germinación y mantenimiento en el vivero, y posteriormente en las parcelas de restauración.

Para la selección de plantones adecuados se tomaron tres criterios según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013:

> *Categoría 1*: las plantas que quedadon por debajo de la mayoría o de todos los estándares mínimos aceptables fueron consideradas como especies no aceptables. Estas especies no se descartarán del proyecto de restauración, pero se les dará un seguimiento más riguroso para lograr mejorar su rendimiento en las parcelas de restauración.
>
> *Categoría 2*: las plantas que excedieron algunos de los estádares mínimo aceptables, pero quedaron por debajo de otros, o quedaron por debajo de varios estándares por un margen pequeño, fueron consideradas como especies marginales. Estas especies se someterán a investigación para mejorar su rendimiento.
>
> *Categoría 3*: Las plantas que excedieron en gran proporción a la mayoría de todos los estádares mínimos fueron consideradas como especies aceptables, y por ende; adecuadas para utilizar en futuras plantaciones.

Los estándares aceptables para las plantas fueron: tener una tasa de subrervivencia de más del 50%, y que tanto la altura como el ancho de copa hayan excedido más del doble luego de 12 meses de haberse plantado.

4. RESULTADOS

4.1 Monitoreo en la parcela de restauración 2.5

Desde el año 2015 en que fue levantada la información sobre las plantas sembradas en esta parcela de restauración, hasta la fecha, se han realizado cinco (5) monitoreos anuales. En cada monitoreo se ha registrado las plantas sembradas desde el año 2014 (año de establecimiento de esta parcela)y en el 2015 (año del levantamiento de la información del primer monitore de

sobrevivencia), y posteriormente, aquellos individuos resembrados en el año 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, que reemplazaron aquellos individuos muertos de plantassembradas en años anteriores. Además, se ha reportado las especies de regeneración natural (reclutas), que han surgido producto de la vegetación que rodea la parcela de restauración.

Cabe mencionar, que para este monitoreo fueron registrados nueve plantones nuevos de regeneración natural, producto de la germinación de semillas de individuos de *Senna reticulata.* Estos individuos de *S. reticulata* que produjeron semillas; fueron plantados en la parcela desde el año 2015 y otros fueron resembrados en 2017. También se registraron especies con presencia de flores y frutos de individuos de regeneración natural que fueron reclutados en la parcela en 2018, y 2017, además, se observó la presencia de un nido de ave en un individuo de *Cespedesia spatulatha* que fue sembrada en 2015 (Anexo 7.4).

4.1.1 Análisis de sobrevivencia

En el monitoreo de este año se contabilizó la pérdida de 960 individuos, lo que corresponde al 49% de las plantas sembradas en la parcela 2.5. Pero, también se contabilizaron 37 individuos nuevos de regeneración natural (reclutas). Todas las plantas que se identifican que han muerto (aquellas que fueron sembradas desde el 2015), son reemplazadas por la misma especie, siempre que sea posible, y anotadas en la base de datos, para llevar un registro para su seguimiento el próximo monitoreo.

Actualmente, tres (3) parcelas (parcela de restauración 2.5, la parcela de restauración del Km 19 del Pipeline Road y la parcela de MSA de las ocho (8) parcelas de restauración existentes, están parceladas y bajo monitoreo anual.

Las especies que marcaron mayor cantidad de individuos muertos para este periodo fueron aquellas resembradas en el 2019 (Figura 4). La mortalidad de plantones refleja las condiciones propias del suelo arcilloso rojo presente en la parcela de restauración. El suelo arcilloso rojo se caracteriza por contener un pH ácido que dificulta la absorsión de nutrientes a través de las raíces de las plantas.

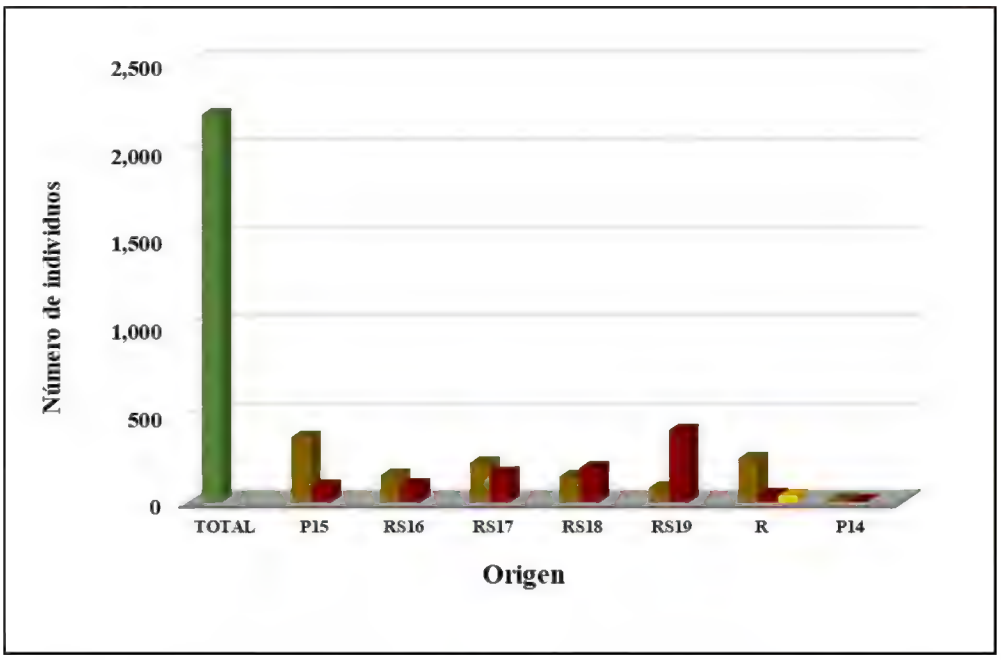


Figura 4. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante este periodo de monitoreo. En el gráfico se muestra el total de plantas contabilizadas en este periodo (barra verde) y la mortalidad de individuos (barras rojas). **P15=** corresponde a plantas sembradas en el año 2015, **RS16=** corresponde a plantas resembradas en el año 2016, **RS17=** corresponde a plantas resembradas en 2017, **RS18=** corresponde a plantas resembradas en el 2018, **RS19=** corresponde a plantas resembradas en 2019, **R=** regeneración natural. Nótese la barra amarilla, que corresponde a nuevas plantas de regeneración natural registradas para este periodo.

4.1.2 Sobrevivencia de especies de plantas resembradas en el año 2019

En la figura 5 se muestra el número de individuos sobrevivientes de 27 especies resembradas en el año 2019. La gráfica refleja sólo la sobrevivencia de estos individuos a partir del año 2019, ya que, a partir de ese año, fueron reemplazados individuos muertos provenientes de 2015, 2016, 2017 y 2018 con individuos de la misma especie.

Las especies que marcaron el mayor número de sobrevivencia durante este periodo fueron: *Ficus pertuza* (Ficper), *Inga pezizifera* (Ingpez), *Pterocarpus rohrii* (Pteror) y *Trichospermum galeottii* (Trigal), mientras que especies como *Bellucia pentamera* (Belpen), *Couma macrocarpa* (Coumac), *Simarouba amara* (Simama), *Vochysia ferruginea* (Vocfer), *Drypetes standleyi* (Drysta), *Ochroma pyramidale* (Ochpyr), entre otras, tuvieron pocos individuos sobrevivientes para el año 2020.

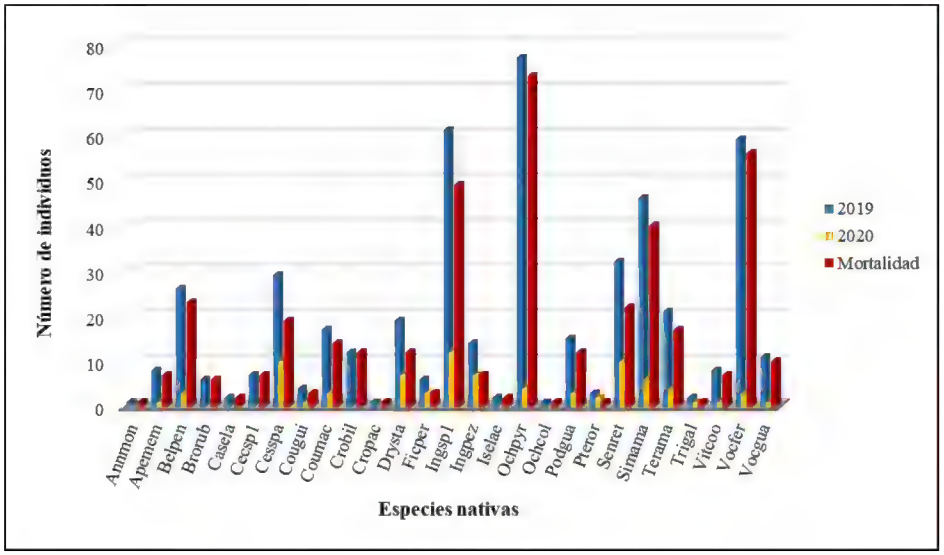


Figura 5. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2019

4.1.3 Evaluación de especies nativas resembradas en el 2019 en la parcela de restauración 2.5; según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013.

El análisis de evaluación nos permite determinar el desempeño de una especie después de un año de ser plantadas en la parcela de restauración. La evaluación determinó que tres especies en total marcaron un buen desempeño en la parcela, tales como: *Inga pezizifera*, *Pterocarpus rohrii* y *Trichospermum galeottii* (Cuadro 1). Especies como: *Couma macrocarpa, Apeiba membranacea, Ochroma pyramidale, Senna reticulata* y *Vitex cooperi*, a pesar de marcar una alta tasa de crecimiento en la parcela, mostraron un bajo porcentaje de sobrevivencia. Por otra parte, especies como *Podocarpus guatemalensis*, *Simarouba amara*, *Terminalia amazonia, Vochisia ferruginea*, *Drypetes standleyi,* entre otras, no se encontraron dentro de los estándares aceptables según el análisis de Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013. Estas especies, son evaluadas rigurosamente en el vivero con el objetivo de mejorar su rendimiento en las parcelas. Esto se puede lograr aplicando técnicas como: *a)* mejorar las condiciones del sustrato; aumentando la frecuencia de adición de nutrientes, *b)* aumentar la frecuencia de la aplicación de nematicida y fungicida contra los patógenos; *c)* optimizar el pH del suelo tanto del que se prepara en el vivero como también del suelo en las parcelas (se logra con la aplicación de hidróxido de calcio), para facilitar la absorción de los nutrientes en las plantas; *d)* intensificar, tanto en el vivero como en la parcela, las técnicas de desarraigue de malezas (Elliott, Blakesley y Hardwick 2013), entre otras. También se debe seguir revisando fuentes de información sobre

otras especies nativas en el proyecto y recolectar semillas y plántulas de estas especies nativas que aun no han sido probadas, para las actividades de restauración de futuras parcelas.

Cuadro 1. Evaluación anual de especies nativas resembradas en el 2019 en la parcela de restauración 2.5

Especie	Sobrevivencia (%)	Altura promedio (cm)	Ancho de copa promedio (cm)	Categoría	Acción
Apeiba membranacea	12.5	88	30	2	Investigar para mejorar la sobrevivencia
Bellucia pentamera	11.5	45.3	28.7	1	No aceptable
Cespedecia spathulata	34.5	31	27.7	1	No aceptable
Couratari guianensis	25	53	19	1	No aceptable
Couma macrocarpa	17.6	52.3	16.3	2	Investigar para mejorar la sobrevivencia
Drypetes standleyi	36.8	42.4	27.1	1	No aceptable
Ficus pertuza	50	46	21	2	Investigar para mejorar el crecimiento
***Inga* sp. 1**	19.7	44.8	38.7	1	No aceptable
Inga pezizifera	50	288.9	183.6	3	Aceptable
Ochroma pyramidale	5.19	305.5	257.5	2	Investigar para mejorar la sobrevivencia
Podocarpus guatemalensis	20	42	20.3	1	No aceptable
Pterocarpus rohrii	66.7	103.5	34	3	Aceptable
Simarouba amara	13	44	26.8	1	No aceptable
Pterocarpus rohrii	66.7	103.5	34	3	Aceptable
Senna reticulata	31.2	124.8	75.5	2	Investigar para mejorar la sobrevivencia
Terminalia amazonia	19	41.2	34	1	No aceptable
Trichospermum galeottii	50	63	36	3	Aceptable
Vitex cooperi	12.5	58	26	2	Investigar para mejorar la sobrevivencia
Vochysia ferruginea	5.08	42.7	30.7	1	No aceptable
Vochysia guatemalensis	9.09	37	36	1	No aceptable

5. CONCLUSIONES

1. Para este periodo de monitoreo (febrero-septiembre 2020) en la parcela monitoreada llamada parcela de restauración 2.5, se contabilizó una tasa de mortalidad del 49% del total de las plantas sembradas en la parcela, representadas mayormente por aquellas resembradas en el 2019, además de 37 individuos nuevos registrados de regeneración natural; mientras que, las especies que marcaron el mayor porcentaje de sobrevivencia en la parcela fueron: *Ficus pertuza*, *Inga pezizifera*, *Pterocarpus rohrii* y *Trichospermum galeottii*.

2. El análisis de evaluación anual para las especies resembradas en 2019, determinó que las especies *Inga pezizifera*, *Pterocarpus rohrii* y *Trichospermum galeottii,* son aptas para resturar futuras parcelas dentro del proyecto.

3. Para este periodo de monitoreo fueron registrados plantones de regeneración natural provenientes de la germinación de semillas de individuos de la especie *Senna reticulata.* Estos individuos que generaron semillas fueron sembrados en la parcela en el 2015, pero también de aquellas resembradas en el 2017, además se registraron individuos en periodo de floración y fructificación.

6. BIBLIOGRAFÍA

CTF. 2018. Trees, Shrubs, and Palms of Panama. http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php. Consultado en diciembre, 2018.

Elliott, S. D., D. Blakesley y K. Hardwick, 2013. Restauración de Bosques Tropicales: un manual práctico. Royal Botanic Gardens, Kew; 344 pp.

Gentry, A.H. 1993. A Fiel Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwesdt South America (Colombia, Ecuador, Peru): With Supplementary Notes on Herbaceous Taxa. Chicago: The Univertiy of Chicago Press; 895 pp.

Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata, M. R. y G. Kattán (Editores). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Cartago: Libro Universitario Regional; 691 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2010. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Clusiceae-Gunneraceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 970 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2007. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Haloragaceae-Phytolaccaceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 932 pp.

Nepstad, D. C., Uhl, C., C. A. Pereira y J. M. Cardoso da Silva, 1996. A Comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of Eastern Amazonia. Oikos 76:25-39.

Pérez, R. 2008. Árboles de los Bosques del Canal de Panamá. Panamá: Boski S.A.; 466 pp.

SER 2004. *Principios sobre SER International* sobre la restauración ecológica SER (*Society for Ecological Restoration International* – Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica). Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004).

Flora Mesoamericana. 2018. http://www.tropicos.org/Project/FM. (Accesado en diciembre 2018).

Missouri Botanical Graden-Base de Datos MPSA. 2018. http://www.tropicos.org/Project/MPSA. (Accesado en diciembre 2018).

Warwood, N.C. 1999. Seedlings of Barro Colorado Island and the Neotropic. London: Cornell University Press; 645 pp.

Woodson, R.E. y R.W. Schery. 1980. Flora de Panamá. St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 7396 pp.

7. ANEXOS

Anexo 7.1 Vivero de plantas nativas

7.1.1 Colecta de semillas y plántulas

Para la recolecta de material genénetico (plántulas y semillas), que se utilizan en el proceso de restauración ecológica, se realizaron giras de campo donde se extrajeron plántulas, semillas y muestras para la identificación taxonómica de árboles y arbustos de especies de sombra y de especies pioneras dentro del área del proyecto. Las especies fueron identificadas utilizando claves taxonómicas como la Flora de Costa Rica (Hammel et. al, 2010; 2007), Flora de Panamá (Woodson y Schery, 1980), Flora Mesoamericana (http://www.tropicos.org/Project/FM, 2019), y fueron corroboradas con la ayuda de la Base de Datos de Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/Project/MPSA, 2019), y del Centro de Ciencias de Bosques tropicales (CTFS, por sus siglas en inglés: http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php, 2019), como también guías de campo (Gentry, 1993) y libros de texto (Warwood, 2009; Pérez, 2008), referentes a la flora nativa de Panamá, específicamente, del área de la Vertiente del Caribe.

a) Semillas: se utilizaron varas de colecta para poder alcanzar los frutos de árboles altos. Las mismas fueron separadas y guardadas en bolsas de papel con los datos de registro del árbol.

b) Plántulas: se colectaron dentro del bosque o áreas abiertas y se trasladaron al vivero para su posterior siembra. Esta es una alternativa viable para lograr la reproducción de algunas especies cuyas semillas son difíciles de colectar o germinar.

7.1.2 Producción y Manejo en el Vivero

Desde inicio del programa de restauración en el año 2014, se han producido en el vivero un total de 80, 414 plántulas correspondiente a 105 especies, pertenecientes a 36 familias, estas plantas fueron colectadas, tanto en semillas o como plántulas, tanto en áreas abiertas (especies pioneras) como boscosas. Actualmente, en las instalaciones del vivero se han construido cámaras con plástico de invernadero para aclimatar las plántulas que son traídas del bosque y aquellas provenientes de la germinación de semillas en las camas de arena. Las camas de arena para la germinación de semillas, fueron contruidas utilizando como sustrato arena de río previamente esterilizada con la aplicación de nematicida y fungicida. Dependiendo de las especies con

semillas que requieren más cuidado al momento de germinar y de mayor tiempo de latencia, las semillas fueron sembradas utilizando sustrato de micorrizas (Anexo 7.5).

El suelo utilizado en el vivero para la siembra de plántulas que se extraen del campo y aquellas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena o micorriza, comprende suelo de aluvión mesclado con arena de río en una proporción de 3:1 (aluvión: arena), luego es esterilizado con nematicida y fungicida; que se deja en reposo por una semana antes de ser utilizado para la siembra.

La finalidad de las cámaras de invernadero en el vivero es la de mantener la temperatura y humedad óptima, para incrementar el desarrollo y crecimiento radicular de los plantones y, además, para evitar el ataque de plagas. De esta forma se logra mejorar la calidad y resistencia de estas plantas al momento de ser sembradas en las parcelas de restauración. Dichas cámaras de invernadero también aceleran la velocidad de germinación de las semillas en las camas de germinación.

Las plantas fueron propagadas utilizando un sistema de raíz dirigida, basado en tubetes de varias dimensiones, los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y aseguran la sobrevivencia de cada una de las plantas.

Las plántulas provenientes de la germinación de las semillas en las cámaras de arena, se sembraron en los tubetes y permanecieron en áreas de sombra dentro del vivero por un tiempo aproximado de tres semanas, luego fueron pasadas al sol de forma paulatina, en donde pasaron el tiempo requerido que le permitiera completar su aclimatación antes de ir a las parcelas. Las plantas que salgan al campo deben tener entre 10 y 50 cm de altura, con un alto nivel de desarrollo radicular, foliar y del tallo, que les permita resistir las condiciones ambientales existentes en las parcelas.

Las plantas fueron podadas cada cierto tiempo (2-4 semanas), tanto las que permanecen dentro del vivero como la que están expuestas al sol. La poda de las plántulas consiste en remover aquellas hojas secas y con presencia de patógenos (hongos, bacterias y virus), para evitar

contaminar el resto de las plantas. Esta operación se realizó a primeras horas de la mañana, a media tarde o en días nublados; con el cuidado de evitarle a la planta un estrés a causa de la luz directa del día.

7.1.3 Germinación de semillas

Las pruebas de germinación nos permiten responder preguntas básicas como cuántas semillas germinan (tasa de germinación) y cuánto tardan (latencia). Ambos parámetros se pueden usar e incluso manipular cuando se planifica el crecimiento de una cantidad suficiente de árboles jóvenes para un tiempo específico de plantación.

Para este periodo se pusieron a germinar semillas de cuatro especies, entre ellas dos son pioneras: *Ochroma pyramidale* y *Senna reticulata,* y dos son especies de sombra: *Ormosia macrocalyx* y *Diplotropis purpurea*. Estas semillas fueron puestas a germinar en las camas de germinación con sustrato de arena de río y micorriza dentro del vivero, y cubiertas con las respectivas cámaras de invernadero por aproximadamente dos semanas. Cabe señalar, que las semillas de ciertas especies se pusieron a germinar sometiéndolas a tratamientos pregerminativos en agua caliente para acelerar el proceso.

El procentaje de germinación fue variable para las especies analizadas (Cuadro 1). La especie con mayor porcentaje de germinación fue *Ormosia macrocalyx*, mientras que, las semillas de *Senna reticulata* marcaron un porcentaje de germinación bajo sin tratamiento pregerminativo.

Cuadro 1. Tiempo y porcentaje de germinación de especies nativas producidas en el vivero

Especie	Codigo de especie	Sustrato de germinación de semillas	Tratamiento pregerminativo	Tiempo en germinar (Días)	Porcentaje de germinación
Ochroma pyramidale	Ochpyr_SS5	Arena de río y micorriza	Agua caliente (50-70°C) por un minuto	5	4%
Ormosia macrocalyx	Ormmac_EE5	Arena de río previamente esterilizada	No aplicado	76	10.7%
Diplotropis purpurea	Dippur_WW4	Micorriza	No aplicado	31	5.2%
Senna reticulata	Senret_RR5	Arena de río y micorriza	No aplicado	3	0.69%

Anexo 7.2 Monitoreo de Especies de Interés (EdI) reintroducidas en la parcela Km 18+500, Camino hacia la Costa

7.2.1 Introducción

Durante el desarrollo del estudio de impacto ambiental fueron determinadas especies de flora vulnerables. Estas especies fueron examinadas por botánicos del Jardín Botánico del Misouri. Las especies fueron evaluadas como especies en peligro y vulnerables, ya que son susceptibles a sufrir un impacto negativo severo dentro y fuera de la huella del proyecto.

Es por esto que Cobre Panamá tiene como unos de sus compromisos establecidos en el EIAs Categoría III, el de rescatar estas especies de interés (EdI) de estas poblaciones vulnerables localizadas en aquellos sitios que han sido intervenidos dentro del proyecto. Estas especies rescatadas son mantenidas en el vivero para asegurar su sobrevivencia, y luego de un tiempo de haber sido mantenidas en el lugar para su recuperación y su adaptación, éstas deben ser reubicadas en un sitio que reuna las condiciones similares de donde fueron extraídas del sitio de origen.

7.2.2 Objetivos

7.2.2.1 Objetivo General

- Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, para asegurar el menor impacto ambiental sobre las especies EdI dentro del Proyecto Cobre Panamá.

7.2.2.2 Objetivos Específicos

- Reubicar las especies de interés (EdI) en sitios con condiciones de luminosidad y humedad adecuados, similar al sitio donde anteriormente han sido extraídas.
- Realizar monitoreos (mortalidad, crecimiento y otros indicadores) para evaluar la sobrevivencia de las especies EdI.

7.2.3 Metodología

7.2.3.1 Descripción

Para este periodo (febrero-septiembre 2020) fueron reintroducidas especies de interés (EdI) en la parcela de restauración del Km 18+500 del Camino hacia la Costa. Estas especies fueron sembradas en el área cercana al bosque, donde predominan árboles de *Inga* sp., *Inga oerstediana* e *Inga thibaudiana* provenientes de la Restauración del área. Estos árboles han alcanzado una altura de entre 8-10 metros y un ancho de copa de 9-12 metros, que proporcionan sombra y humedad, asemejando los sitios donde estas especies EdI fueron originalmete extraídas. El suelo en esta área se encuentra cubierto por una capa de hojarasca en proceso de descomposición. Cabe mensionar que también predominan la regeneración natural de plantones provenientes de diferentes especies del bosque que bordea a la parcela y de aquellas especies que fueron sembradas en la parcela.

Fueron tomadas medidas paramétricas ambientales como humedad, temperatura e insidencia de luz solar. Estas medidas fueron realizadas en dos intervalos del día (en horas de la mañana y otra en horas del mediodía) durante una semana, en tres zonas donde se sembraron las especies EdI.

Por otra parte, aquellas especies que requieren de mayor humedad fueron plantadas a orillas de la quebrada y otras fueron plantadas sobre la parte plana. Estas plantas son evaluadas anualmente para medir su crecimiento y sobrevivencia.

Estas plantas fueron fertilizadas con abono foliar y abono químico completo (12-24-12) por un periodo de 15 días y fumigadas para el control de plagas.

7.2.3.2 Establecimiento y levantamiento

El sitio demarcado donde se encuentran las EdI reintroducidas en la parcela Km 18+500 del Camino hacia la Costa comprende un área de aprox. 725 m^2 (0.07 ha), se encuentra orientada hacia el Suroeste según el sistema de coordenadas geográficas entre los 08°54´15.9´´ Norte y 80°39´12.6´´ Oeste. El área comprende dos fajas de 20 x 30 m y otra faja de 5 x 25 m (Figura 1).

Se realizó el mapeo de las plantas EdI dentro de los cuadrantes 20 x 20 metros, posterior a la demarcación del sitio. Dentro de los sub-cuadrantes de 5 x 5 metros se marcaron todas las plantas sembradas, y se mapearon todos los individuos siguiendo una ruta de forma similar a las manecillas de un reloj, a cada plántula se les asignó un eje X y Y.

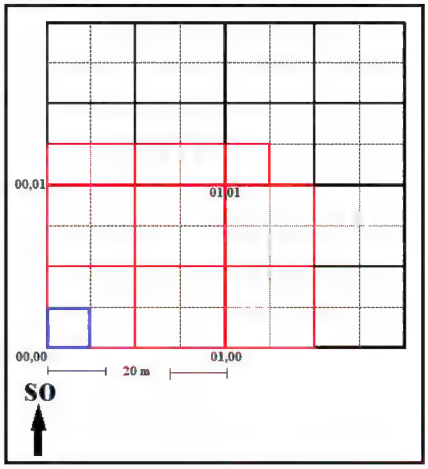


Figura 1. Modelo de demarcación de cuadrantes 20 x 20 m (0000, 0001, 0100 y 0101) y subcuadrantes 5 x 5 m (cuadrante azul) en la parcela Km 18+500. Nótece los cuadrantes remarcados de rojo que representan los cuadrantes donde se localizan las EdI mapeadas.

Las plantas EdI fueron sembradas sin llevar un orden en específico, esto es, sin una línea de siembra determinada ni un distanciamiento establecido entre una especie y la otra, además, de que fueron plantadas según la condición microclimática requerida; por ejemplo, aquellas especies que requirieron de mayor humedad fueron sembradas a orilla de una quebrada cerca del bosque, asemejando las condiciones del hábitat donde fueron extraídas originalmente.

Por otra parte, en este periodo fueron reintroducidos 34 individuos de la especie *Synechanthus dasystachys* en condición de plantones, juveniles y adultos, que fueron extraídos del área de TMF (West Dam) y sembrados directamente en un lugar del bosque aledaño a la parcela Km 18+500, esto es, sin ser llevadas al vivero previamente, Esta especie será evaluada anualmente para medir su sobrevivencia.

7.2.3.3 Monitoreo de especies de Interés (EdI)

El monitoreo de las plantas EdI se realizó tomando en cuenta las variables de altura, diámetro del cuello de raíz (DCR), ancho de copa y la salud del plantón (Anexo 7.6). Para las especies tipo hierbas, no fueron tomadas en cuenta medidas de altura ni de diámetro, ya que estas especies se caracterizan por no poseer un tallo, y también en el caso de las zamias y palmas que, por su estado juvenil, aun no han desarrollado el mismo. Para estas plantas solo fue considerada el ancho de copa y la cantidad de hojas existentes. Los monitoreos se realizarán anualmente para determinar la sobrevivencia de cada una de las especies plantadas.

7.2.4 Resultados

Durante este periodo (febrero-septiembre) se relizó el primer monitoreo de las plantas EdI reintroducidas en la parcela de restauración del Km 18+500. Estas especies fueron rescatadas de diferentes áreas y las mismas fueron mantenidas en el vivero durante un tiempo para asegurar su recuperación y sobrevivencia.

El sitio reúne condiciones promedio de humedad de 81.3%, temperatura de 37°C y una insidencia de luz de 5,020 Lux.

En total, fueron sembrados 60 individuos, pertenecientes a nueve especies, lo cual comprenden hierbas, palmas, zamias y árboles. De estas especies una se encuentra En Peligro Crítico (CR), seis están En Peligro (EN) y dos son Vulnerables (VU+), según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Para este periodo fueron contabilizados solo cuatro individuos muertos: de estos un individuo de *Trichodrymonia peltatifolia,* un individuo de *Synechanthus dasystachys* y dos individuos de *Zamia skinnei*. El porcentaje de sobrevivencia fue alto, representando un 93.3% del total de especies EdI sembradas en la parcela.

Por otra parte, de los 34 individuos de la palma *Synechanthus dasystachys* rescatados del TMF (West Dam) y reintroducidos en el lugar del bosque aledaño a la parcela de restauración Km 18+500 se contabilizaron 11 individuos muertos del total sembrado, registrando por tanto una sobrevivencia del 67.6%.

La alta sobrevivencia de estas Especies de Interés tanto en la parcela de restauración Km 18+500 como en el lugar del bosque aledaño, muestra que son sitios aptos para estas plantas ya que reúnen las condiciones climáticas óptimas, para su establecimiento y desarrollo.

Anexo 7.3. Regisatro Fotográfico.

Actividad de limpieza y monitoreo de plantones en la parcela de restauración 2.5

A. Limpieza de plantones con máquina cortagrama. **B.** Medida del diámetro de cuello de raíz (DCR). **C.** Medida de la altura de las plantas y toma de datos.

Observaciones adicionales del monitoreo en la parcela de restauración 2.5

A. Nido de aves en *Cespedecia spatulatha*. **B.** Plántulas de *Senna reticulata* provenientes de la germinación de semillas de individuos plantados en la parcela. **C.** Inflorescencias de individuos de *Inga* sp. plantados en la parcela. **D.** Frutos de un individuo de regeneración natural de *Capparis* sp.

Vivero. Camas de germinación y cámaras de invernadero

A. Cámaras de invernadero para la aclimatación plantones en el vivero. **B.** Camas de germinación con sustrato de micorriza. **C.** Plantones de aproximadamente 20 días de sembradas en tubetes. **D.** Camas de germinación con semillas de *Ochroma pyramidale* cubiertas con cámaras de invernadero para su aclimatación.

Actividad de siembra, mapeo y monitoreo de EdI en la parcela de restauración Km 18+500 y sitio del bosque aledaño a la parcela

A. Toma de datos de parámetros ambientales en la parcela Km 18+500. **B.** Siembra de especies EdI. **C.** Sitio del bosque aledaño a la parcela Km 18+500, donde fueron reintroducidos individuos de *Synechanthus dasystachys*. **D.** Medidas de coordenadas "X" y "Y" de especies EdI en la parcela Km 18+500. **E.** Medida de diámetro de cuello de raíz (DCR) de EdI.

Anexo 7.4. Mapas

Localización de las Áreas Restauradas

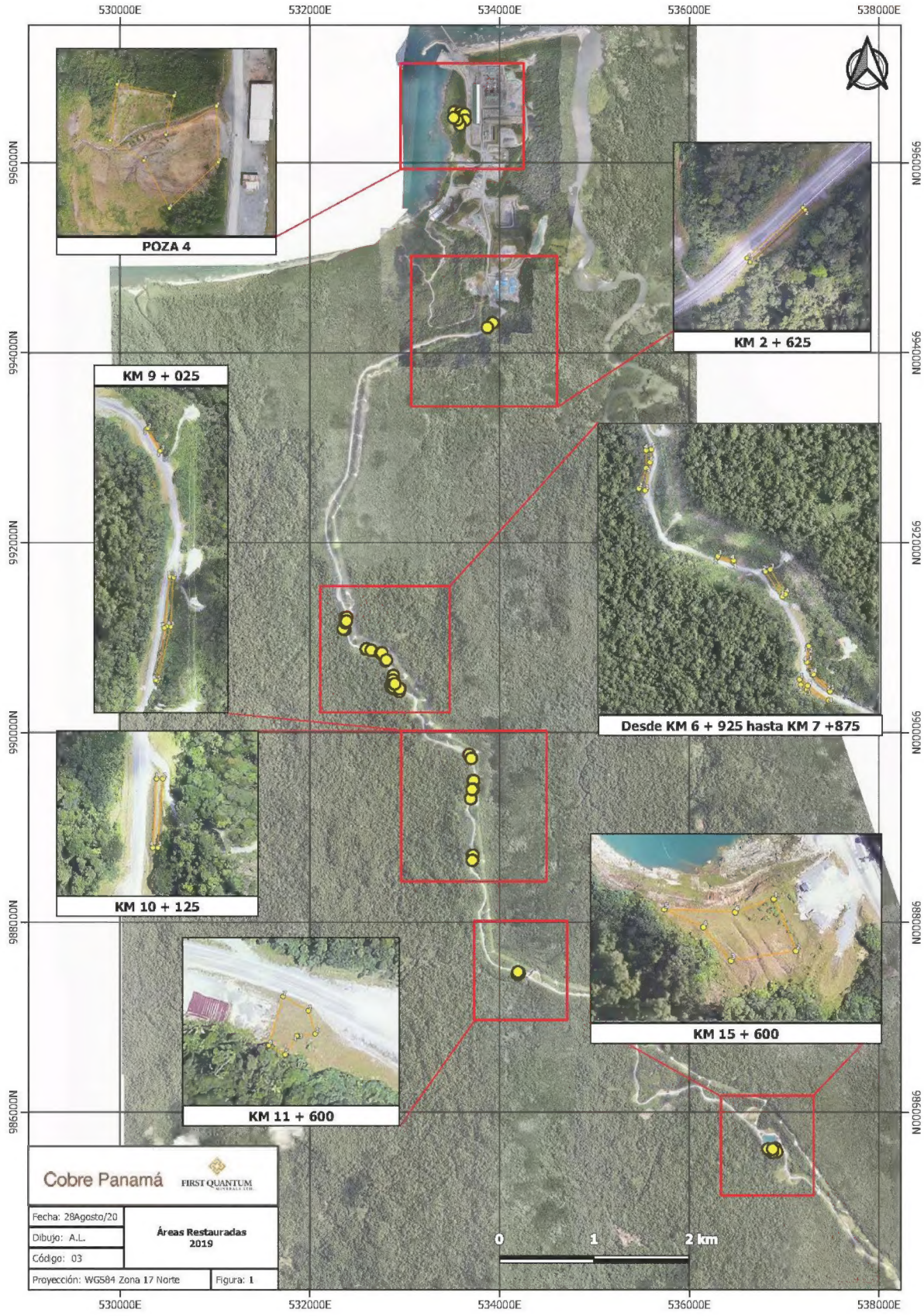
Parcela 2.5

Parcela K 19 Pipeline Road

Parcela Km 18. Coastal Road (carretera a la costa)

Parcela Km 17 Coastal Road (carretera a la costa)

Parcela Km 12 Coastal Road (carretera a la costa)


530000E
532000E
534000E
536000E
538000E
9960000N
9940000N
9920000N
9900000N
9880000N
9860000N
POZA 4
KM 2 + 625
KM 9 + 025
Desde KM 6 + 925 hasta KM 7 +875
KM 10 + 125
KM 15 + 600
KM 11 + 600
Cobre Panamá
FIRST QUANTUM MINERALS LTD.
Fecha: 28Agosto/20
Dibujo: A.L.
Código: 03
Áreas Restauradas 2019
Proyección: WGS84 Zona 17 Norte
Figura: 1
0
1
2 km